

CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE

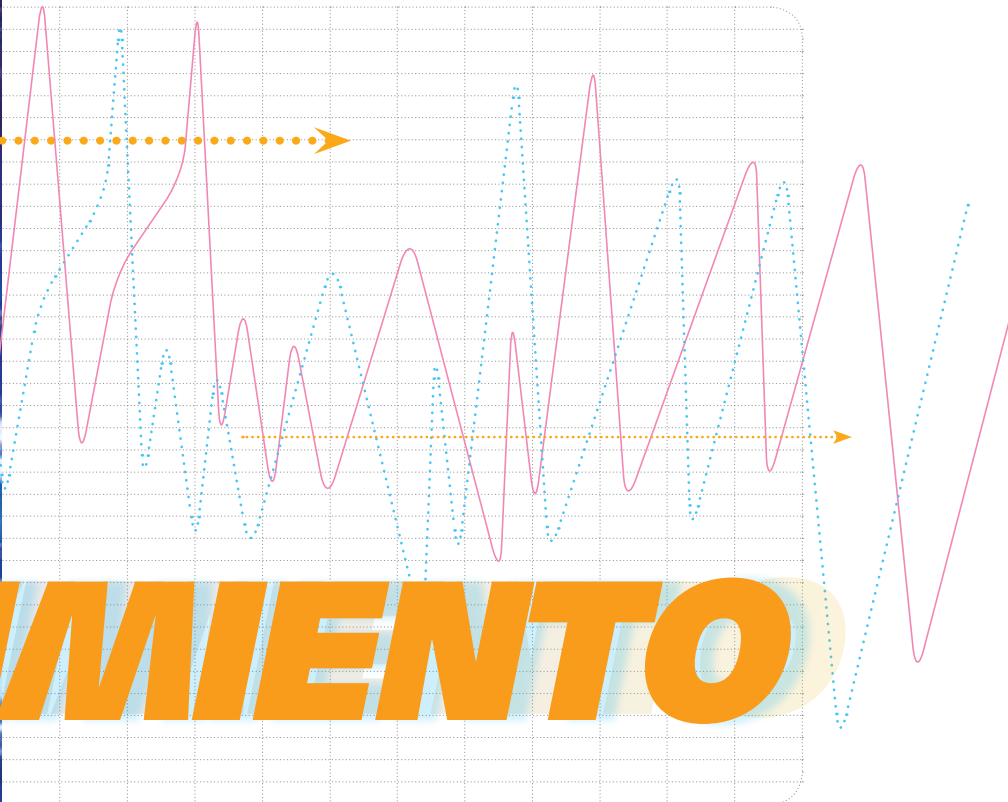
DESARROLLO

© TAYLOR JACKSON

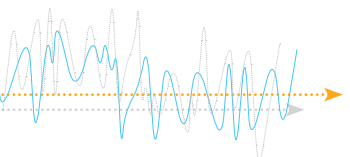
Chile es el país más sísmico del planeta, aseguran los expertos. Un laboratorio natural que impulsa la investigación y aplicación de diversos sistemas que buscan disminuir el riesgo y la vulnerabilidad de las estructuras. Hoy se actualizan las normativas. Sin prisas, pero sin pausa, aumenta el número de edificaciones que poseen sistemas de protección sísmica, como aislamiento o disipación de energía. En nuestro país el desarrollo en construcciones sismorresistentes se mueve y fuerte.



EN MOVIMIENTO



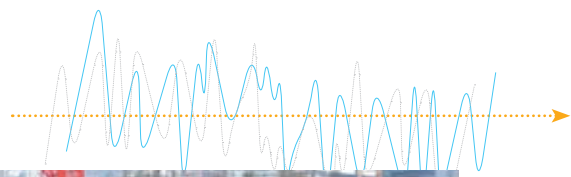
DANIELA MALDONADO P.
PERIODISTA REVISTA BIT



iC **HILE CAMPEÓN DEL MUNDO!** Sí, en terremotos. Uno de los más emblemáticos, el ocurrido el 16 de agosto de 1906 en Valparaíso, marcó el comienzo de las investigaciones relacionadas al tema. Por primera vez las autoridades públicas promueven estudios creando el Instituto Sismológico de Chile. A partir de allí, los desarrollos no han parado, y tampoco los sismos. Durante el siglo XX han ocurrido tres grandes movimientos telúricos que han impulsado cambios en materiales, métodos de análisis y de dimensionamiento y finalmente en las normativas.

El terremoto de Talca en 1928 motivó acciones que culminaron en la Ordenanza General de Construcciones y Urbanismo (OGUC). El de Chillán de 1939 demostró la ineficiencia de las albañilerías sin armar para resistir los esfuerzos sísmicos, y las bondades de la albañilería confinada. Por su parte, el producido en la zona sur en 1960, que con 9,6 grados (el más fuerte hasta hoy en el mundo, desde que existen registros) evidenció la importancia de la mecánica de suelos y su consideración en los proyectos de ingeniería. La norma NCh433Of. 96 para el cálculo sísmico de edificios, recogió las enseñanzas del gran terremoto de la zona central de 1985, donde se pusieron a prueba los muros de rigidez de hormigón armado (*). Esta normativa acepta que los edificios puedan sufrir daños en un terremoto severo pero sin colapsar, y en un sismo de mediana intensidad tener daños menores.

La normativa chilena, según los especialistas, ha evolucionado y hoy se encuentra cerca de dar un gran paso. La NCh433Of.96 está siendo revisada y es muy probable, señala Marcial Baeza, presidente de la Asociación Chilena de Sismología e Ingeniería Antisísmica (ACHISINA) que durante 2009 se corrijan



El rascacielos Titanium incorpora 13 disipadores de energía con el objetivo de reducir la demanda de deformación y esfuerzos, mediante el aumento del amortiguamiento estructural.



GENTILEZA CLAUDIO MORAGA

algunos fundamentos que tienen más de 20 años. Más importante aún, destacados profesionales estudian y preparan una nueva norma sísmica que reemplazaría a la actual y que incorpora relevantes investigaciones. La explicación: Actualmente existe una tendencia mundial para considerar un método de diseño por desempeño, que consiste en decidir el nivel de daño a aceptar en un edificio ante un sismo específico. “En los últimos terremotos en Estados Unidos y Japón, se ha comprobado que el daño relacionado con la pérdida de la función de la estructura es mucho más importante que el daño estructural. Entonces, se trata de limitar el daño considerando tres factores: evitar pérdidas de vida por colapso de las estructuras, limitar el daño de reparación de la estructura y especialmente minimizar el lucro cesante”, explica Patricio Bonelli, revisor de cálculo estructural con más de 30 años de experiencia profesional.

La intención es incluir esta tendencia en la normativa, sin embargo hay muchos aspectos que están pendientes. “El diseño por desempeño es una aspiración de la ingeniería sísmica, pero no me atrevería a decir cuán lejos o cerca de esto estamos, ya que el comportamiento de un edificio depende de las características del movimiento del suelo en un lugar específico y para contar con ese conocimiento deberíamos tener una gran cantidad de información que hoy no se dispone. Además, habría que aumentar en 5 veces los presupuestos asignados a investigación en

El edificio San Agustín (2002), ubicado en el campus San Joaquín de la Universidad de Católica, cuenta con 53 aisladores sísmicos.

esta materia”, relata Baeza. Se estima que en 2010 se contará con un anteproyecto de una nueva norma para el cálculo sísmico de edificios, que incorporará el conocimiento y las experiencias recogidas de los sismos ocurridos en los últimos años.

No es todo, sistemas de aislamiento y disipadores de energía para protección sísmica comienza a ser considerada en la normativa nacional. Hace 6 años existe la Norma Chilena de Aislación Sísmica (NCh275Of.2003) y hoy ACHISINA posee un comité que prepara un anteproyecto de norma sobre disipación de energía. La tendencia mundial apunta a proveer a las estructuras de sistemas especiales que moderen y disminuyan los efectos de

los sismos. En nuestro país, ya se han concretado algunos proyectos, y aunque representan un pequeño porcentaje de edificaciones, se erigen como emblemas del desarrollo en construcción sismorresistente.

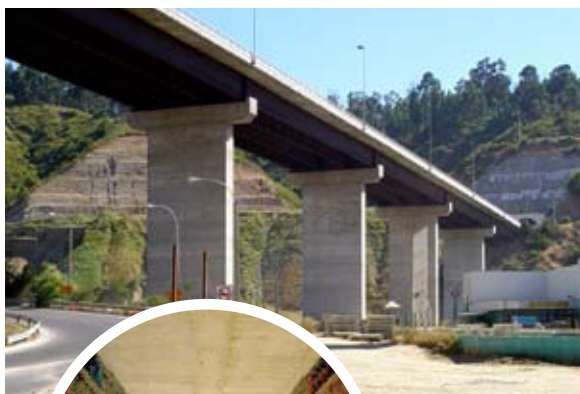
Aislamiento sísmico

El principio fundamental del aislamiento sísmico consiste en un desplazamiento de la frecuencia fundamental de la estructura desde un valor alto, donde los sismos tienen gran contenido energético, a un valor bajo, donde carecen de energía. Así el aislador sísmico representa un filtro del movimiento sísmico horizontal, que no deja pasar la energía hacia la estructura que se encuentra sobre él. Como el movimiento horizontal es la causa principal del daño en la estructura, el aislador sísmico la protege reduciendo su vibración lateral en valores del orden de 6 a 8 veces, explica Juan Carlos de la Llera, académico de la Pontificia Universidad Católica de Chile y experto en modelamiento estructural y sistemas de reducción de vibraciones. Existen numerosos dispositivos de aislamiento sísmico de los cuales los aisladores friccionales y elastoméricos con o sin núcleo de plomo son los más conocidos y utilizados. Ambos aisladores se instalan individualmente o junto a otros dispositivos (amortiguadores). Como ejemplo, se observan los siguientes casos:

Edificio Andalucía (1992): El primer proyecto chileno aislado sísmicamente, fue el edificio de 4 pisos de la comunidad Andalucía. Éste cuenta con aisladores de goma de alto amortiguamiento de tipo cilíndrico de 30 cm



GENTILEZA SIRVE S.A.



de diámetro y con láminas de acero de 2 mm de espesor. La iniciativa corresponde a un proyecto experimental del Ministerio de Vivienda y la Universidad de Chile, que dispuso en el edificio, 4 equipos digitales SSA-2. Las mediciones también se captan en una edificación vecina sin aislamiento sísmico. Desde su construcción no se han registrado movimientos fuertes, sin embargo se ha evidenciado que la aceleración máxima en el techo para un sismo moderado disminuye a la quinta parte.

Puente Marga Marga (1996): Ubicado en Viña del Mar, es el primer puente que incluyó aisladores sísmicos elastoméricos, consiguiéndose con esta inclusión, una reducción importante en los requerimientos de diseño impuestos a las cepas y estribos y permitió re-

ducir el número de pilotes de fundación. La superestructura del puente está formada por 4 vigas continuas de acero, con un tablero de hormigón armado, apoyadas en 36 aisladores sísmicos de alto amortiguamiento. Éstos a su vez se anclan a 7 cepas y 2 estribos. En los estribos, el movimiento transversal al tablero está restringido por apoyos deslizantes, de manera que las juntas de dilatación de entrada al puente sólo se mueven en el sentido longitudinal. En las cepas los aislado-



RED SISMOLÓGICA NACIONAL

Una de las debilidades mencionadas por distintos especialistas se refiere a la cantidad y calidad de los instrumentos que cuenta nuestro país para monitorear la dinámica geológica y obtener información para el análisis del riesgo sísmico. Un proyecto bicentenario podría cambiar esta situación. Se trata de una iniciativa del Servicio Sismológico de la Universidad de Chile para dotar al país de una red sismológica. "La red estará compuesta por 65 sensores de alta ganancia, distribuidas a lo largo de todo el país, que permiten la transmisión de su señal vía satélite y en tiempo real. Además se implementarán 200 acelerógrafos de movimiento fuerte que permitirán medir las aceleraciones asociadas a terremotos de importancia. De manera complementaria, 140 estaciones del sistema de posicionamiento global (GPS geodésicos) entregarán información sobre desplazamientos y deformaciones a los que se ve expuesto el territorio nacional", explica Sergio Barrientos, Director Científico del Servicio Sismológico de la Universidad de Chile, parte del Departamento de Geofísica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

Hoy se cuenta con un presupuesto de 11 millones de dólares para adquirir los instrumentos. Aún quedan pendientes los fondos de operación y mantención que requerirá esta red, que en 2010 debería estar funcionando.

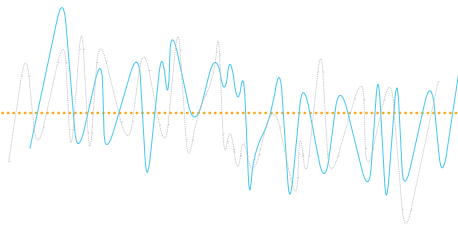
El puente Marga Marga corresponde a la primera obra de infraestructura vial en Chile que incluye bajo el tablero un sistema de aisladores sísmicos. Investigadores de la Universidad de Chile e ingenieros del departamento de puentes del MOP instalaron una red de 21 acelerógrafos para monitorear su comportamiento sísmico.

res no tienen ningún tipo de restricción. Investigadores de la Universidad de Chile e ingenieros del departamento de puentes del MOP decidieron instalar una red de 21 acelerógrafos para monitorear su comportamiento sísmico. Con posterioridad a la construcción del Marga Marga, en la mayoría de los puentes importantes construidos a lo largo del país, se incluyeron aisladores sísmicos tanto elastoméricos como de neopreno.

Puente Amolanas (2000): A 309 km al norte de Santiago, en el tramo La Serena-Los

El muelle para contenedores del puerto de Coronel cuenta con 96 aisladores sísmicos.

Vilos de la ruta 5 Norte, se ubica el puente carretero más alto de Chile, alcanzando los 100,6 metros. Su estructura, mixta de acero y hormigón armado, representa un hito por su tecnología y proceso constructivo. Su principal característica son los apoyos deslizantes sobre sus cepas y estribos y dos amortiguadores viscoelásticos en los estribos que actúan absorbiendo las vibraciones sísmicas (*más información BIT 65, página 14*). www.uchile.cl



En Chicureo, se encuentra una de las primeras viviendas unifamiliares en Chile que posee aislación sísmica. Ésta incluye apoyos deslizantes (A) y aisladores sísmicos (B).



A

B



Muelle para contenedores del puerto de Coronel (2009):

La solicitación sísmica del muelle es resistida mediante pilotes verticales y pilotes inclinados. Éstos últimos forman mesas (diseñadas por la empresa Aldunate y Vásquez) sobre las cuales se disponen cuatro aisladores sísmicos. En total se instalaron 96 sobre 24 mesas independientes. Los aisladores de tipo elastoméricos con núcleo de plomo miden 70 cm de diámetro y 24 cm de altura. Para estos dispositivos se utilizaron 27 capas de goma de 6 mm y 25 láminas de acero de 3 milímetros. “Este proyecto corresponde de acuerdo a nuestra información, al primer muelle de este tipo en el mundo que tiene aislamiento sísmico”, destaca Juan Carlos de la Llera, Profesor de la Universidad Católica y presidente de la empresa Sirve S.A. (Sistemas Integrales para la Reducción de Vibraciones en Estructuras), iniciativa incubada en la Pontificia Universidad Católica de Chile y participe de la iniciativa.

Vivienda aislada sísmicamente: En el sector de Chicureo, la empresa Constructora Pilasi y Cía S.A. construye una vivienda unifamiliar que contará con aislación sísmica. A cargo de la oficina de arquitectos all* (Arquitectos Lagos y Luders), en conjunto con Sirve S.A., la obra presenta una losa flotante fundada en apoyos deslizantes (bielas) que con la ayuda de dos aisladores sísmicos de 42 cm de diámetro y 24 cm de altura, se estima que reducirá los esfuerzos inducidos por sismos entre cuatro a seis veces, respecto de una casa sin aislación, protegiendo así la estructura de la vivienda, su contenido y la sensa-

ción sobre sus ocupantes. Específicamente, la vivienda reposa sobre aisladores esféricos de hormigón armado que se apoyan en bases planas que se insertan en tubos de hormigón de 100 mm de diámetro, los cuales separan la biela (aislador) de su entorno inmediato permitiendo su libre movimiento. Dos aisladores sísmicos desarrollados por la empresa Vulco S.A. son los que hacen regresar la vivienda a su posición original. Sobre los apoyos deslizantes se ejecuta la losa de hormigón armado, la que se monta en obra en base a elementos prefabricados de hormigón, vigas, nudos y losas. Finalmente, este tipo de proyectos es rentable económicamente en suelos con arcillas expansivas, porque permiten ahorrar en fundaciones.

Más iniciativas con aislación sísmica en Chile:

Además de las anteriormente mencionadas, se suman otros proyectos como la Clínica San Carlos de Apoquindo (52 aisladores elastoméricos, 22 de ellos con núcleo de plomo); El edificio San Agustín de la Universidad Católica (53 aisladores); el Hospital Militar de La Reina (164 aisladores elastoméricos); dos edificios de consultas de la Asociación Chilena de Seguridad, uno en Santiago (con 23 aisladores elastoméricos y 9 friccionales) y otro en Viña del Mar; un edificio 100% prefabricado de la empresa VULCO S.A.; la cubierta del Centro de Justicia de Santiago (4 aisladores elastoméricos), todos ellos desarrollados por el equipo de la

Universidad Católica; el puente Amolanas (equipado con apoyos deslizantes y amortiguadores viscosos) y los estanques del terminal de regasificación GNL Quintero (diseñados para resistir sismos de ocurrencia uno cada 2.470 años y equipados cada uno con 260 aisladores sísmicos con el fin de minimizar el oleaje al interior del estanque durante un sismo de gran intensidad. El montaje estuvo a cargo de Echeverría Izquierdo Montajes Industriales). Se suma también la línea 5 del Metro de Santiago, aislada sísmicamente para que los rieles, después de ocurrido un terremoto, queden alineados y continúe la operación a las pocas horas (el diseño sísmico fue realizado por S y S Ingenieros Consultores). Futuros proyectos como el templo Baha’i para Suda-

En el edificio Parque Araucano, dos amortiguadores de masa sintonizada, ubicadas en los pisos 21 y el 22, cuelgan de la estructura mediante tensores, cuyos períodos de oscilación se ajustan.



mérica, el hospital de la Universidad de Los Andes y los hospitales de La Florida y Maipú, también incluyen aislamiento sísmico.

Los ejemplos anteriores dejan a la vista que el aislamiento sísmico cubre el rango de estructuras de baja a mediana altura (máximo 12 pisos) y una gama importante de estructuras civiles como puentes y muelles. Para estructuras de edificación, civiles o industriales más altas y preferentemente flexibles se utilizan los sistemas de disipación de energía.

Disipación de energía

Los disipadores apuntan a disminuir por distintos medios la energía vibratoria introducida a la estructura por el movimiento sísmico. Hay distintas formas como la fluencia de metales, la fricción, la disipación viscosa y viscoelástica. En las estructuras, los disipadores son colocados entre dos puntos que sufren una deformación relativa, aprovechándola para realizar un trabajo mecánico. La disipación de energía en estos sistemas reduce la acumulación de la demanda sobre la estructura debido a efectos de resonancia, protegiéndola del daño sísmico.

Casos de disipación de energía:

Edificio Parque Araucano (2006): El proyecto incorpora 2 amortiguadores de masa sintonizada (AMS o TMD en inglés) que consisten en un sistema pasivo de disipación de energía que funciona mediante una masa inercial conectada a la estructura en un punto determinado. Se denomina masa sintonizada, porque su frecuencia coincide con la fundamental del edificio. Con esta sintonía se consigue un efecto dinámico de reducción de las deformaciones relativas del edificio. Esto se logra porque la masa se opone al movimiento del edificio y lo contrarresta parcialmente. Como son dos masas, ambas controlan otro fenómeno que es el de torsión. El edificio no solamente toma la vibración en una dirección sino que además se tuerce. Las dos masas se potencian y controlan dos tipos de movimientos: el de traslación y rotación respecto de un eje vertical. En el primero las dos funcionan sincrónicamente, y en el segundo actúan de forma opuesta, neutralizándose para reducir esta rotación. En el edificio Parque Araucano, las

ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELO Y SISMOS

Los estudios de mecánica de suelo representan un aspecto importante a la hora de pensar en construcciones sismorresistentes. "Si bien generalmente las estructuras se asocian a materiales y sistemas constructivos, se ha demostrado que el suelo también es un elemento estructural que debe ser considerado y analizado en profundidad ya que tiene su propio comportamiento ante un sismo", explica Miguel Ángel Jaramillo, Jefe Especialidad Geotecnia y Estudios del Terreno de la Empresa de Ingeniería Ingendesa. Los problemas surgen cuando no se realizan los estudios y las prospecciones geotécnicas adecuadas y se sobreestiman sus propiedades. Los casos más dramáticos, señala el especialista, se da en rellenos mal compactados, suelos sueltos y potencialmente licuables, donde las edificaciones pueden sufrir grandes deformaciones independiente de los sistemas de protección sísmica que tengan. En este contexto y para mejorar el conocimiento del subsuelo, en febrero de 2009 se oficializó la norma NCh1508of.2008 "Geotecnia – Estudios de mecánica de suelos".



GENTILEZA MIGUEL JARAMILLO

VENTILADORES
Systemair

Para un aire naturalmente puro

Soluciones en ventilación.
Rangos entre 100 - 200.000 m³/hr,
para aplicaciones industriales,
comerciales, civiles y residenciales

TECNOLOGÍA SUECA



- Sistemas de Energías Sustentables
- Aire Acondicionado de Confort y Precisión
 - Pisos Sobre Elevados
- Sistemas de Mantenimiento Preventivo

www.klima.cl

HURTADO RODRIGUEZ 351
SANTIAGO - CHILE / CASILLA 50840
FONO: (56 -2) 352 5400 / FAX: (56 -2) 352 5423

Estanque para vino utilizado en los ensayos de la Universidad Católica para comprobar el funcionamiento de los sistemas de aislación sísmica.

dos masas (ubicadas en los pisos 21 y el 22), cuelgan de la estructura mediante tensores, cuyos períodos de oscilación se ajustan. La iniciativa estuvo impulsada por las empresas Sirve S.A., VMB Ingeniería Estructural, la Constructora Ignacio Hurtado y la empresa Inmobiliaria Proyecta Desarrollo y Gestión.

Titanium La Portada (en construcción):

El rascacielos de 52 pisos incorpora 13 disipadores de energía. Son 84 placas ubicadas en el perímetro de la torre y 12 disipadores en el eje exterior. Se instalan individualmente en el encuentro entre dos diagonales que abarcan 3 pisos de altura, conformando 7 módulos en la dirección del arriostre y 2 módulos en la dirección perpendicular. Estos dispositivos fueron desarrollados y ensayados en la Universidad Católica y propuestos por la empresa Sirve, quienes trabajaron junto a Alfonso Larrain, profesional a cargo del cálculo estructural del edificio. El objetivo de estos disipadores es reducir la demanda de deformación y esfuerzos, mediante el aumento del amortiguamiento estructural.

Los especialistas aseguran que las reducciones a causa de los disipadores varían típicamente entre un 30 y un 50%, reduciendo sustancialmente los incursiones inelásticas (daño) de la estructura. Y los alcances se expanden. Los mismos objetivos se plantea un sistema, pero para proteger almacenamientos de vinos.

Caso especial: protección de almacenamiento industrial

Desde 2004 y con financiamiento conjunto de Fondecyt y la empresa chilena TPI Améri-



Última mesa vibradora adquirida por la Universidad de Chile. Tiene una dimensión de 1,20 m por 2,20 m y cuenta con una capacidad de hasta 3 toneladas, además tiene una respuesta en un rango de frecuencia de 0 a 15 hertz.



ca, José Luis Almazán junto a otros académicos de la Pontificia Universidad Católica, desarrollan un sistema de protección sísmica para estanques de almacenaje de vino. Para los estanques apoyados en patas se ha propuesto el denominado aislamiento rotacional vertical (ARV), que está compuesto por dispositivos verticalmente flexibles. Se trata de resortes que en su interior cuentan con disipadores friccionales. Su efecto es similar al típico aislamiento lateral usado en edificios, pero tiene la ventaja de que el efecto de aislamiento es tanto lateral como vertical. Para los estanques de mayor capacidad apoyados en el suelo, se propone una aislación sísmica lateral utilizando geosintéticos. Se emplea un geotextil de alta resistencia (del tipo no tejido) colocado sobre un polímero de muy alto peso molecular, entregando protección sísmica adicional mediante disipación de energía por deslizamiento. "Adaptamos un simulador de vuelo como mesa vibradora que nos ha permitido ensayar estos sistemas introduciéndoles el movimiento sísmico con sus tres componentes (dos horizontales y uno vertical). La idea es obtener dispositivos de relati-

vo bajo costo que puedan ser elaborados directamente por los fabricantes de estanques. De todas maneras el costo del sistema de aislamiento no debiera superar el 10% del valor del estanque", explica Almazán.

El futuro

Actualmente en Chile, los dispositivos de protección sísmica son elaborados a la medida de cada proyecto, pero algunos profesionales ya aventuran un cambio. "En el largo plazo es probable que exista un mercado dónde los especialistas sólo vamos a asesorar sobre cuál solución comprar", declara Juan Carlos de la Llera. Por el momento, ingenieros de la Universidad Católica estudian el uso de sistemas de disipación de energía de segunda generación donde se consideran mecanismos más inteligentes capaces de adaptarse a las condiciones variables del movimiento de la estructura. Además realizan pruebas reduciendo las escalas y analizan sistema autocentrantes (con elementos de memoria de forma); compuestos (con combinación de metales, polímeros y otros más sofisticados) y sistemas semi-activos (que van cambiando sus propiedades según los requerimientos).

Para el académico de la Universidad de Chile, Mauricio Sarrazin, si bien esta casa de estudios ha investigado desde los años 80 en sistemas de aislamiento sísmico y disipación de energía, no se debe perder de vista que los proyectos con dichos sistemas, representan sólo un pequeño porcentaje de las estructuras. Son muy importantes en edificaciones que no pueden dejar de funcionar una vez que ocurra un sismo, como hospitales, puentes, edificios de comunicación, entre otros. Sin embargo, la gran mayoría de las estructuras está protegida sísmicamente por sistemas estructurales tradi-

El edificio de la Cámara Chilena de la Construcción cuenta con una red local de 12 acelerógrafos, distribuidos desde los subterráneos hasta el piso 20, conectados a un registrador ALTUS K2. Este es el único edificio alto que cuenta con este tipo de instrumentación.



RIESGO SÍSMICO

Una de las grandes preguntas que intentan responder los especialistas es con qué período de retorno ocurren los sismos. Antiguamente se suponía en los estudios de riesgo sísmico que los terremotos ocurrían de manera aleatoria, sin embargo la historia y la paleosismología (estudio prehistórico de los sismos) ha ayudado a descubrir que esto no es así y por ejemplo "se sabe con certeza, ya que ha ocurrido cinco veces de esta manera, que en la zona central de Chile los terremotos subductivos interplaca ocurren con epicentro marítimo frente a Valparaíso cada 83 años aproximadamente, similar situación se da para los terremotos gigantes de Valdivia de 1960, que ocurren en promedio cada 285 años acompañados de grandes tsunamis", declara Rodolfo Saragoni, ingeniero civil y profesor de diseño sísmico y del magister de la especialidad en la Universidad de Chile. El profesional agrega que mucho de lo que se estudia en esta rama, especialmente relacionado con

terremotos subductivos, es ocupado en países para determinar cómo realizar las edificaciones, ya que por ejemplo algunas ciudades del noroeste de Estados Unidos no disponen de registros de grandes terremotos subductivos.

En nuestro país existe una ley del Ministerio de Minería que obliga a evaluar el riesgo sísmico de las represas. Una vez que se dejan de explotar los minerales de ciertas zonas, las represas se mantienen por 200 años y es fundamental saber cuál será el terremoto más grande que ocurrirá en ese período. En riesgo sísmico, el desafío más grande que tiene Chile a futuro es el de la industria nucleoelectrónica. "En la instalación de plantas nucleares se deben considerar cuáles serán los terremotos más grandes que ocurrirán en 2.000 ó 10.000 años", enfatiza Saragoni, el tema lo conoce de cerca ya que actualmente pertenece a un comité científico de la Agencia Internacional de Energía Atómica.

cionales sobre cuyo empleo ha habido también un gran avance. "Por ello será de gran relevancia la nueva norma de cálculo sísmico, ya que extenderá a todas las edificaciones los últimos avances en diseño sismorresistente. No hay que olvidar que también se desarrollan nuevos materiales que contribuirán en el tema, como hormigones y aceros de alta resistencia, y refuerzos de fibra de carbono", subraya Sarrazin. Para Marcial Baeza el gran desafío futuro reside en la especialización de los profesionales: "Considero que los profesionales recién egresados no están preparados para diseñar considerando el tema sísmico. En mi opinión debería existir una especialización y una acreditación individual", sentencia.

Conclusiones

- Chile es el país más sísmico del planeta, dicen los expertos. Hoy se trabaja en la actualización de las normativas. Se estima que en 2010 se contará con un anteproyecto de norma que reemplazará a la actual normativa de cálculo sísmico de edificios. Además, se prepara un anteproyecto de norma para el diseño de estructuras con disipadores de energía. El objetivo está puesto en la incorporación de investigaciones actualizadas y tendencias mundiales que apuntan a un diseño por desempeño.

- En nuestro país, ya se han construido proyectos que incluyen sistemas de protección sísmica como aislamiento y disipación de energía, además ya se preparan nuevas iniciativas que los consideran.

- Las investigaciones no se detienen. Se estudia la disipación de energía de segunda generación y realizan pruebas reduciendo las escalas, además se desarrollan nuevos materiales que contribuirán en el tema como hormigones y aceros de alta resistencia o refuerzos de fibra de carbono.

- Un proyecto Bicentenario contempla la implementación de una red sísmológica nacional. Una iniciativa esperada por años y que proporcionará información relevante para el análisis del riesgo sísmico. ■

ARTÍCULOS RELACIONADOS

- "Terremoto en Iquique: Lecciones en movimiento". Revista BIT N° 45. Noviembre 2005, pág. 14.
- "Norma de aislamiento sísmico: Sistemas bajo Control". Revista BIT N° 36 Mayo 2004, pág. 36
- "Control Óptimo de Aceleraciones". Revista BIT N° 63. Noviembre 2008, pág. 48.
- "Protección Sísmica en Mendoza: Edificio sobre Resortes". Revista BIT N° 56. Septiembre 2007, pág. 86
- "Puente Amolanas: Alto nivel en protección sísmica". Revista BIT N° 42, pág. 42
- (*) Texto "Ingeniería sísmica en Chile. El Caso del Sismo del 3 de Marzo de 1985", Rodrigo Flores Álvarez, Hachette, 1993.

 hebel

Hormigón Celular en Chile

La más alta tecnología en muros y tabiques



✓ Máxima aislación térmica sin la necesidad de aislantes complementarios.

✓ Muros estructurales y aislantes a la vez.

✓ Alta resistencia al fuego y a la humedad.

✓ Facilidad y rapidez en instalación en obra.